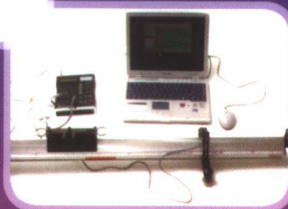


主编：教育部教学仪器研究所 刘诗海

□□□□ □□□□

数字化教学实验系统 ——实验指导



□□□□ □□□□

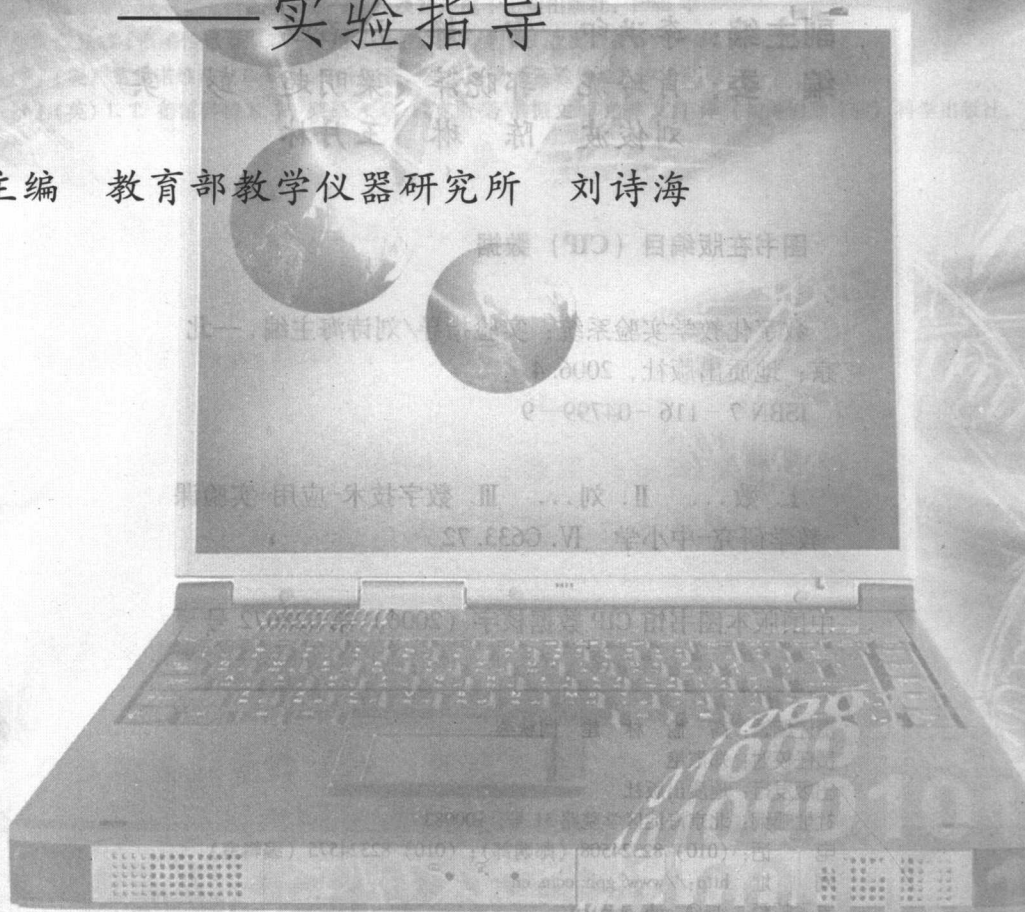


地质出版社

数字化教学实验系统

——实验指导

主编 教育部教学仪器研究所 刘诗海



地质出版社

· 北 京 ·

《数字化教学实验系统》编委会

主 编：刘诗海

副主编：李洪印 雷 静 陈石鸣

编 委：肖玲妮 郭晓萍 梁明超 彭 实

刘俊波 陈 琳 王月林

图书在版编目 (CIP) 数据

数字化教学实验系统：实验指导/刘诗海主编. —北京：地质出版社，2006. 4

ISBN 7-116-04799-9

I. 数... II. 刘... III. 数字技术-应用-实验课-教学研究-中小学 IV. G633.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 028672 号

责任编辑：高 愉 林 建 闫秋燕

责任校对：郑淑艳

出版发行：地质出版社

社址邮编：北京海淀区学院路 31 号，100083

电 话：(010) 82324508 (邮购部)；(010) 82324575 (编辑室)

网 址：<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱：zbs@gph.com.cn

传 真：(010) 82310759

印 刷：北京中新伟业印刷有限公司

开 本：787 mm × 1092 mm^{1/16}

印 张：19.5

字 数：460 千字

印 数：1—5000 册

版 次：2006 年 4 月北京第一版·第一次印刷

定 价：39.00 元

ISBN 7-116-04799-9/G · 1169



(凡购买地质出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社出版处负责调换)



前 言

没有测量，就没有科学。测量是打开知识宝库大门的钥匙。测量技术是中小學生必須掌握的基本技能之一，是中小學理、化、生和科學課教學的主要內容。測量技術隨著科學技術的進步而不斷地向廣度深度發展，為人類認識和改造客觀世界提供了更加先進的手段。隨著以計算機為代表的信息技術的廣泛應用，測量技術逐步向自動化、數字化、智能化方向發展。

密切結合當代科學技術進行教學，以信息化帶動教育現代化，整合信息技術教育與其他學科的教學，提高中小學實驗室的數字化水平，培養學生的信息化素養，是編撰本書的宗旨。

培養學生的信息化素養首先要提高現有教師的信息化素養。本書的主要讀者對象為中小學理、化、生和科學課的教師。本書以“數字化教學實驗系統”為平台，以初等理、化、生實驗為內容，循序漸進、由淺入深地展開信息化技術在實驗教學中的應用。試圖幫助中小學理科（科學）教師輕鬆跨入數字化教學實驗系統的門檻。本書也可以供師範院校相關專業和大學理工科專業基礎課的教師和學生參考。

本書共分十五章。劉詩海編寫了第一、四、八、十一、十四章，李紅印編寫了第二、十章，雷靜編寫了第三、五、十二章，肖玲妮編寫了第十三章和附錄，陳石鳴編寫了第六章，郭曉萍編寫了第七、九章，陳石鳴和郭曉萍合寫了第十五章的一至五節，彭實編寫了第十五章的第六節，劉俊波、陳琳編寫了第十五章的第七節，王月林同志也參與了部分實驗的編寫工作。本書所有的物理實驗均由陳石鳴和郭曉萍完成設計和操作，化學實驗由彭實設計和操作，生物實驗由劉俊波、陳琳設計和操作。本書所有數據均真實可靠。本書的演示光盤由數字化教學實驗系統的軟件開發者之一的梁明超完成。全書由劉詩海統稿。

本書所列實驗，以實驗報告的形式把實驗的全過程實錄奉獻給讀者，以方便於讀者更清楚地了解數字化教學實驗系統，更容易掌握它和更快捷地把它用於教學實踐中。數字化教學實驗系統能做的實驗，遠不止我們做過的這些。





我们希望通过这些实验能抛砖引玉，以读者的睿智和能力开发出更多更好的新实验。

数字化教学实验系统研制过程中得到了冯振家同志的大力支持。在完成本书的过程中受到王富、李玉先同志的鼓励，卢燕兵同志做了大量的录入工作，郑小利同志做了大量的摄影工作，北京教仪创新科技发展有限公司给予了帮助，在此一并致谢。

由于作者水平有限，错误在所难免，请读者不吝赐教。联系电话：010 - 62514740，Email: jys_lsh@eeri.edu.cn。

作 者

2006 年 2 月 10 日





目 录

第一章 概述	(1)
第二章 基本原理和构成	(3)
一、数字化测量的基本原理	(3)
1. 传感器	(3)
2. 整形放大电路	(3)
3. A/D 转换器 (ADC) 及单片机	(4)
4. 原理图中的其他部分	(4)
二、数字化教学实验系统的组成	(4)
1. 测控盒	(4)
2. 传感器	(4)
3. 软件	(5)
三、配置板及其说明	(6)
四、软件的安装环境	(7)
第三章 操作入门	(8)
一、安装与启动	(8)
1. 安装	(8)
2. 启动	(10)
二、进入典型实验活动	(10)
三、新建活动	(15)
第四章 基于时间的测量	(18)
一、摩擦力实验	(18)
二、牛顿第三定律	(27)
三、海波与石蜡的熔解和凝固	(32)
四、水的冷却	(37)
第五章 手动输入与坐标变换	(39)
一、玻意耳定律	(39)
二、二极管的伏安特性	(43)
三、电容器充放电	(44)
第六章 计时测量	(48)
一、用光电门测量平均速度	(48)
二、斜面上运动物体的加速度	(52)
三、用单摆测重力加速度	(57)





第七章 事件测量	(61)
动量定理	(61)
第八章 超声波测量	(68)
一、简谐振动位移图像	(68)
二、单摆周期的研究	(70)
三、重力加速度大小的测量	(76)
第九章 复合测量	(83)
第十章 离线测量	(87)
一、不同环境的温度测量	(87)
二、测量液体的 pH 值	(90)
三、测量水中的溶解氧	(93)
第十一章 界面与用户管理	(97)
一、界面管理	(98)
1. 新建界面	(98)
2. 编辑界面	(99)
二、用户管理	(100)
1. 创建用户	(101)
2. 编辑用户	(101)
第十二章 扩展功能	(104)
一、计量器数值与计量器	(104)
1. 计量器数值显示	(104)
2. 计量器显示	(105)
二、实验图片与实验文本	(105)
1. 实验图片显示	(105)
2. 实验文本信息	(106)
3. 添加实验说明或注解	(106)
三、互联网与视频	(107)
1. 显示互联网信息	(107)
2. 显示视频	(108)
四、预测	(110)
第十三章 传感器的校准与自制	(112)
一、传感器的校准	(112)
1. 线性校准	(112)
2. 高级校准	(114)
二、传感器的自制	(116)
1. 创建传感器	(116)
2. 用热敏电阻自制温度传感器	(118)





第十四章 实验误差	(120)
一、误差的定义及表示法	(120)
1. 绝对误差	(120)
2. 相对误差	(120)
3. 引用误差	(120)
二、误差的来源及分类	(120)
1. 系统误差	(121)
2. 偶然误差	(121)
3. 粗大误差	(121)
三、测量结果的精度与表示	(121)
1. 测量结果的精度	(121)
2. 测量结果的表示	(122)
四、数字化教学实验系统的误差	(125)
(1) A/D 转化的误差	(125)
(2) 数字计时测量误差	(126)
(3) 传感器及变送电路误差	(127)
(4) 环境对数字化教学实验系统的使用会产生一定的影响	(127)
第十五章 典型实验	(128)
一、力学	(128)
实验一 重力大小与质量的关系	(128)
实验二 弹簧与橡皮筋的形变和弹力	(134)
实验三 超重与失重	(139)
实验四 阿基米德定律	(143)
实验五 落体运动	(149)
实验六 动量定理 (恒力)	(153)
实验七 动能定理	(161)
实验八 机械能守恒	(166)
实验九 动量守恒	(172)
实验十 弹性碰撞	(181)
实验十一 非弹碰撞	(188)
二、热学	(194)
实验一 物体辐射热和吸收辐射热	(194)
实验二 研究液体蒸发温度下降	(200)
实验三 水的冷却与凝固	(203)
实验四 过冷现象的研究	(207)
实验五 金属温度变化产生的力	(210)
三、振动与声	(216)





实验一 阻尼振动的位移图像·····	(216)
实验二 声音的振动图像·····	(219)
实验三 音调·····	(224)
实验四 响度·····	(230)
实验五 音色·····	(234)
实验六 声音的合成·····	(238)
实验七 拍·····	(243)
实验八 声音的共鸣·····	(247)
四、电与磁·····	(252)
实验一 灯泡的冷电阻和热电阻·····	(252)
实验二 导体的伏安特性·····	(257)
实验三 通电螺线管的磁场·····	(260)
五、光·····	(264)
实验一 日光灯的频闪·····	(264)
实验二 照度随距离的变化·····	(269)
实验三 卤钨灯的发光强度与电压的关系·····	(273)
六、化学·····	(277)
实验一 吸热反应——氢氧化钡固体与氯化铵固体反应·····	(277)
实验二 放热反应——锌粉与硫酸铜溶液反应·····	(280)
实验三 观察酸碱中和滴定曲线·····	(283)
实验四 溶液浓度与导电性·····	(287)
七、生物·····	(290)
实验一 呼吸作用对溶解氧浓度的影响·····	(290)
实验二 探究条件对植物光合作用的影响·····	(293)
实验三 探究生物体维持 pH 稳定的机制·····	(297)
附录：传感器的主要技术参数·····	(302)
主要参考文献·····	(303)
演示盘使用说明·····	(304)





第一章 概述

人类认识自然靠观察和实验来完成的。观察和实验是科学归纳的必要条件。牛顿指出：“物体之属性只能由试验以知之。”德国教育家第斯多惠指出：“科学知识是不应该传授给学生的，而应当引导学生去发现它们，独立地掌握它们。”人类认识自然要靠观察和实验，人类传承自然科学知识也要靠观察和实验。

实验技术（包括实验手段和方法）的发展经历了漫长的岁月。最初人们只能用肉眼观察。大约在公元前3世纪，人类发现了聚火石的聚光与放大作用。公元16世纪末期人类发明望远镜，扩大了人类的视野。进入20世纪以来，伴随着科学技术的进步，实验技术得到了飞速发展。目前人类用电子显微镜能分辨0.07nm距离，利用射电望远镜能观察到150亿~200亿光年距离的遥远星系。随着传感器技术的发展，人们能将非电量测量转变为电量测量，使自动控制技术空前提高。以计算机为代表的数字化技术的诞生，标志着人类正逐步进入信息化社会。数字化技术将模拟信号转变为数字信号，便于信号的传送、存储、分析和处理。将数字信号转变模拟信号用于进行控制，使控制的智能化得到飞速发展。机械化能延伸人类的四肢，测量仪器及传感器能延伸人类的感官，数字化则能延伸人类的大脑。数字化教学实验系统是数字化技术在教育教学实验技术中的典型应用。

数字化技术在实验教学的早期应用中，人们往往是从改造单一的测量仪器入手，将模拟显示转变为数字显示，以消除人们的视觉误差。PC机出现以后，人们最初以在PC机中内置实验卡的形式，通过传感器来进行实验中各种量值的测量，后来逐渐发展为外置接口的形式。PC机软件平台的发展也从单一的实验数据处理程序到综合的实验数据处理程序，从固定式平台到开放式平台。

使用固定式平台，教师和学生只能依据固定式平台所列实验“按部就班”地进行，只能按照平台设计者确定的功能或实验方法来做实验，妨碍了学生主动地利用他们已有的知识进行实验，妨碍了教师进行创造性的教学。那种“照方抓药”的做法，将培养学生实践能力和创新精神的动手动脑的生动活泼的实验，变成一种机械的训练，是与新课程提倡的理念相违背的。

为了发挥教师的创造性，便于学生主动利用已有知识进行实验，便于校本教材的建设，开放性的数字化实验平台应运而生。开放性平台的主要特征是平台的功能由教师或学生来确定。主要表现为：

1. 教师或学生可以自行确定选题；
2. 教师或学生可以自行设计实验方案；
3. 教师或学生可以自由选择平台系统的资源；
4. 教师或学生可以自制传感器加入系统。

开放性平台同时具有若干典型实验案例，供教师或学生参考。





开放性平台所具有参与性、选择性、通用性为培养学生的实践能力和创新精神提供了广阔的空间，也为校本教材的建设和积累创造了条件。开放性平台是支撑新课程的有效手段。

个性化教学是新课程的另一特点。建构主义认为，“影响学习最重要的因素是我们已经学习到什么。”学生的经历和知识基础各不相同，因此个性化教学尤为重要。数字化教学实验系统的通用性表现在它能适用不同年级和不同接受能力的学生。帮助教师进行个别化教学，因材施教，让学生由浅入深、循序渐进，是数字化教学实验系统具有的重要功能。数字化教学实验系统将开放性平台分成五个模式：基本模式、一般模式、学生创建模式、高级模式、教师模式。教师模式具有最高权限，能够调动所有资源。教师可以根据学生的知识基础和能力，规划学生的使用界面，确定学生的资源调用权限，从而真正做到因材施教，充分实施个性化教学。比如：初中生初次接触，可以规划为基本模式，高中生规划为高级模式。同一年级的学生，根据学生的基础来使用不同的模式。

新课程力求反映现代科技发展的新成果，使课程具有时代精神。新课程提倡教学要贴近学生的现实生活，鼓励学生走向大自然。数字化教学实验系统的离线测量功能正是为了满足新课程这一要求而设计的。离线测量扩展了学生的实验活动空间，为学生走出实验室、走出校园创造了条件。学生可以利用离线功能测量校园各点温度，获得温度分布的感性知识，学生可以测量池塘水的含氧量，直接服务于生产生活。离线测量还可以提高测量的频率，捕捉更为短暂的信息。

总之，数字化教学实验系统的开放性、个性化、离线测量的三大特点，为新课程的实施提供了有力的支撑。





第二章 基本原理和构成

温度是一个和人们日常生活环境有着十分密切关系的物理量,也是人们在科学试验和生产活动中需要控制的物理量。因此对温度的测量就十分重要。我们在教学中经常使用的测量手段是用温度计(水银或红水)直接测量液体、气体等温度,也可以用点温计测量固体表面温度,这些都是属于直接测量。但这些测量的结果由于不是数字电信号,不能够由计算机自动进行数据处理,必须通过输入设备由人工把测量的数据输入进行处理。而数字化测量就是通过温度传感器把所测量的温度值通过变送电路和 A/D 转换成计算机可以识别的数字信号,这样就可以实现对温度的自动测量,当然也可以把测量的数据用作控制信号去控制其他的执行器件。同样的力传感器也是如此,常规的测量力是用测力计,也是不能提供电信号,也需要由力传感器代替测力计将非电信号转换为电信号,然后通过 A/D 转换进行数字化的测量。

一、数字化测量的基本原理

人们最初接触到的信号大都是模拟信号。如速度、压力、温度等都是连续方式存在和变化的模拟信号。对于这些信号的处理,往往首先是把各种物理量转化成电信号,然后进行放大、传输、滤波等处理。随着信息技术的进步,数字信号的优越性是毋庸置疑的,它便于存储、运算,有较强的抗干扰能力,因此现在很多的测量都是采用把模拟信号转化成数字信号的方式进行。这里所说的数字化测量其实就是数据采集分析系统,大多是指通过传感器将被测量转化为电信号,经过整形放大、A/D 转换变成计算机可以识别的数字信号,通过计算机进行数据处理的测量过程。当然也可以直接将数字信号输入给计算机进行处理。数字化教学实验系统可以同时多个物理量进行多组数据的测量,保证测量精度,还可以对所测数据进行数据分析。这是信息技术和实验教学整合的一种有效方式。

数字化测量的核心内容是把模拟信号转化成为数字信号,数字化测量的原理图见图 2-1。

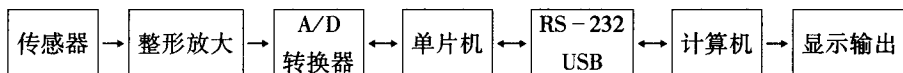


图 2-1 数字化测量原理图

1. 传感器

送入系统的各种待转换的物理量如温度、力、光等都是非电信号的模拟量,首先要把这些模拟量转换成电信号,才能由整形放大电路进行处理。传感器的详细信息见本章第二部分。

2. 整形放大电路

传感器给出的电信号基本上不是所需要的理想信号,这就要将信号加以修整。它的作





用是把信号调整到符合 A/D 转换器工作所需要的信号范围。最简明的例子就是放大。一般的传感器输出的信号幅度都是毫伏数量级,而我们选用的 A/D 转换器的满量程输入电压是 5V。为了充分发挥 A/D 转换器的分辨率,即转换器输出的数字位数,保证测量精度,就要把传感器输出的最大信号放大到 A/D 转换器满量程所需的 5V 电压。当然这部分电路还应包含滤波、调理功能,滤除不需要的噪声信号,把传感器输出的非线性转化成线性输出等等。

3. A/D 转换器 (ADC) 及单片机

A/D 转换器是把模拟输入的电压信号转换为与之对应的数字输出。A/D 转换器最主要的技术指标是分辨率和转换率。A/D 转换器的分辨率是指 ADC 能够分辨的最小模拟电压变化量,即在这一模拟输入变化量的作用下,ADC 的数字输出最低有效位的状态将有改变。分辨率与 ADC 的数字输出位数有直接关系。ADC 把模拟信号转换成数字信号需要一定的时间,即转换时间。转换时间的倒数即为转换率,表示 ADC 每秒能够完成的转换次数。

单片机的主要作用是提供 A/D 转换器工作所需的程序定时器、把采集的数据进行存储以及与上位计算机的即时通讯等。

4. 原理图中的其他部分

其他部分就是由计算机通过软件进行一些必要的测量设置,通过 RS-232 或 USB 接口控制单片机工作以及把所采集的数据根据用户的需要进行数据分析、显示处理。

二、数字化教学实验系统的组成

教育部教学仪器研究所开发的数字化教学实验系统主要由三部分组成:测控盒、传感器、软件。

1. 测控盒

它通过响应计算机软件按照用户要求的指令,将采集的传感器信号经 A/D 转换后的数字信号,通过 RS-232 或 USB 传输方式输入计算机。在测量过程中可以采用在线测量方式和离线测量方式,采样频率最高为 40kHz。

在线测量方式:就是测控盒直接接受上位计算机的指令进行实时测量和显示的一种测量方式,所采集的数据可以进行必要的数据分析。

离线测量方式:就是测控盒通过接受上位计算机下传的程序,脱离上位计算机,按照程序的要求独立进行的测量方式。这种测量方式可以通过接口的液晶显示屏进行测量数据的查询显示,也可以把所测的数据上传到上位计算机后进行处理和显示。(具体的离线测量方式见第九章离线测量。)

2. 传感器

a. 传感器的定义:国家标准 GB7665-87 对传感器下的定义是:“能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用信号的器件或装置,通常由敏感元件和转换元件组成”。传感器是一种检测装置,能感受到被测量的信息,并能将检测感受到的信息,按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的信息输出,以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。它是实现自动检测和自动控制的首要环节。

b. 传感器的灵敏度:灵敏度是指传感器在稳态工作情况下输出量变化 Δy 对输入量变





化 Δx 的比值。

它是输出——输入特性曲线的斜率。如果传感器的输出和输入之间显线性关系，则灵敏度 S 是一个常数。否则，它将随输入量的变化而变化。

灵敏度的量纲是输出、输入量的量纲之比。例如，某位移传感器，在位移变化 1 mm 时，输出电压变化为 200 mV，则其灵敏度应表示为 200 mV/mm。

当传感器的输出、输入量的量纲相同时，灵敏度可理解为放大倍数。

提高灵敏度，可得到较高的测量精度。但灵敏度愈高，测量范围愈窄，稳定性也往往愈差。

c. 传感器的分辨力：分辨力是指传感器可能感受到的被测量的最小变化的能力。也就是说，如果输入量从某一非零值缓慢地变化。当输入变化值未超过某一数值时，传感器的输出不会发生变化，即传感器对此输入量的变化是分辨不出来的。只有当输入量的变化超过分辨力时，其输出才会发生变化。

通常传感器在满量程范围内各点的分辨力并不相同，因此常用满量程中能使输出量产生阶跃变化的输入量中的最大变化值作为衡量分辨力的指标。上述指标若用满量程的百分比表示，则称为分辨率。

数字化教学实验系统除了提供的标准配置的传感器以外，教师和学生还可以根据自己的需要自制传感器。该系统提供了三种传感器的校准方式，并提供了 +5V 或 +12V 的供电电源和相对应的输入接口。

利用相应传感器，可实时采集物理、化学、生物等实验中各种变化的数据。

3. 软件

数字化教学实验系统的软件功能丰富，具有很强的开放性和管理功能，除了软件内包括的典型实验实例外，教师和学生还可以根据自己的实际需要和兴趣爱好添加自己的实验内容。

软件框图如图 2-2。

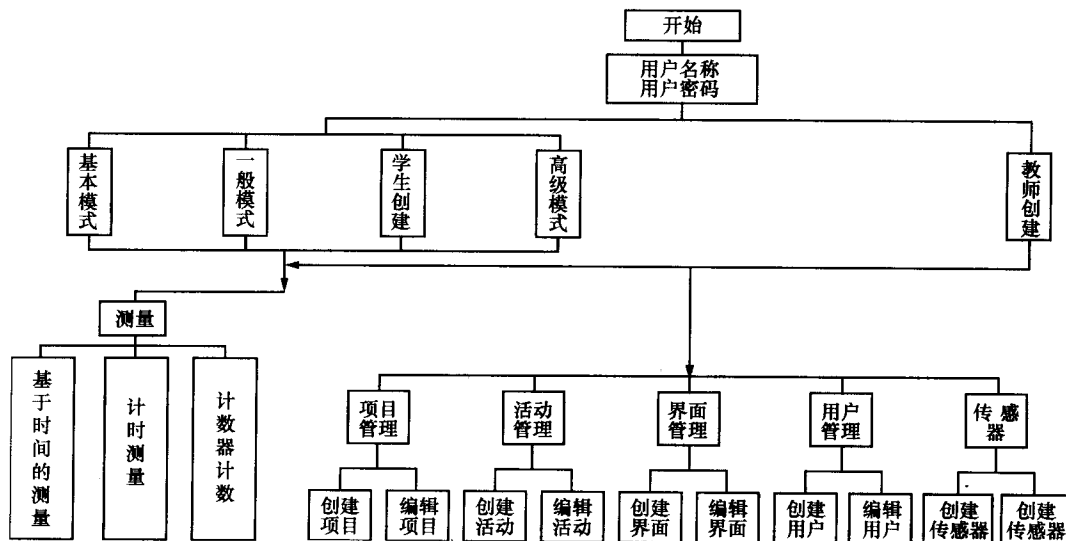


图 2-2



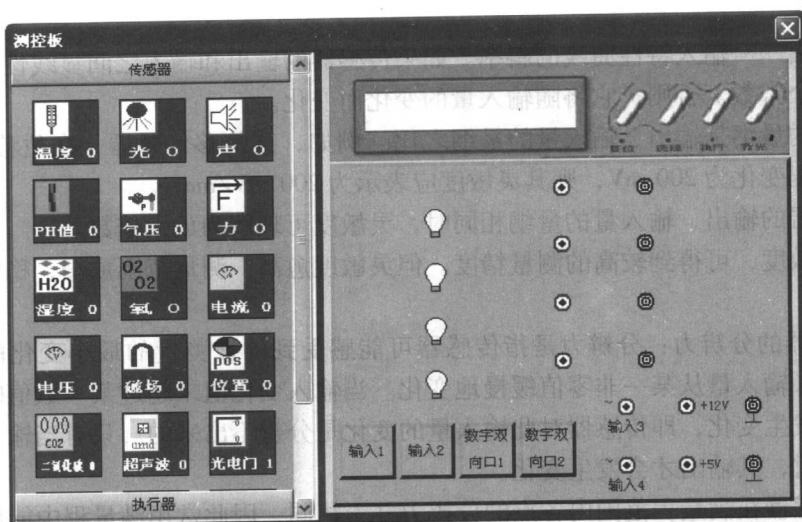


图 2-3

三、配置板及其说明

1. 配置板如图 2-3，其左边为传感器、执行器配置板，右边为数字化教学实验系统接口面板图。

2. 数字化教学实验系统接口面板图。

输入 1：可连接带有 RJ45 插头的模拟传感器，具有传感器自动识别功能，与传感器配置板上除超声波、光电门和自制传感器外的其他传感器均能连接。

输入 2：与输入 1 的功能完全相同。

+12V：左侧插孔为信号输入端，右侧插孔为接地端，中间插孔为传感器供电电源，为 +12V。可连接带有 4 mm 插头的模拟传感器，输入信号幅度一般为 0 ~ 5V，在输入信号幅度为 0 ~ 1V 时，自动将信号放大到 0 ~ 5V。与传感器配置板上除超声波、光电门外的其他传感器均能连接。

+5V：左侧插孔为信号输入端，右侧插孔为接地端，中间插孔为传感器供电电源，为 +5V。可连接带有 4 mm 插头的模拟传感器，输入信号幅度一般为 0 ~ 5V，在输入信号幅度为 0 ~ 10V 时，自动将信号衰减到 0 ~ 5V。与传感器配置板上除超声波、光电门外的其他传感器均能连接。

需要说明的是：输入 3 和输入 4 的两路可用于自制传感器，系统提供了校准功能。

数字双口 1：可连接带有 RJ45 插头的数字传感器，如超声波传感器、光电门等。具有计时、计数等功能，也可输出脉冲，输出最大电流小于 5mA。

数字双口 2：与数字双口 1 的功能完全相同。

LED 指示器：左侧标志为 LED 指示器，指示输出状态，中间与右侧插孔为输出插孔。输出端口输出方波周期可变，占空比可调。最大频率为 625 Hz。每路的输出也可以指定



为开或者关两种状态。具有 600 mA 的驱动能力。

④：是整个数字化教学实验系统的硬件复位按钮。

④：在离线状态下，选择第一到第四段程序和采样数据检查，以及检查数据时的数据滚动功能。

④：执行所选择的程序段或开始查看离线采样数据。

④：液晶显示屏的背光照明。

数字化教学实验系统的特点是：

种类齐全，涵盖力、热、声、电、磁、光、化学、生物等几十个实验；

采用先进的传感技术采集各种物理量的数据，传感器的数量超过 20 多种；

利用先进的数据采集技术，令实验更准确、更有效率；

提供中文接口的数据处理与分析软件及实验指导手册；

实验操作简便，设计新颖，通过多种方式的显示功能，既可做定量实验，也可做定性演示实验。

四、软件的安装环境

软件的运行环境：Windows98，Windows2000，Windows Me，Windows XP 等，所需硬件环境为 PIII400 MHz 及其以上处理器，64MHz 内存。





第三章 操作入门

一、安装与启动

1. 安装

(1) 首先将光盘放入光驱内。假设服务器的光驱盘号为“D:”。

(2) 选择安装路径。选择数字化教学实验系统的安装程序路径为：“D: \ Disk1 \ setup. exe”。双击 setup. exe 文件，出现安装欢迎画面，如图 3-1 所示。

(3) 按“下一步”按钮，出现如图 3-2 许可证协议。必须选择“是”按钮，才能安装本软件。

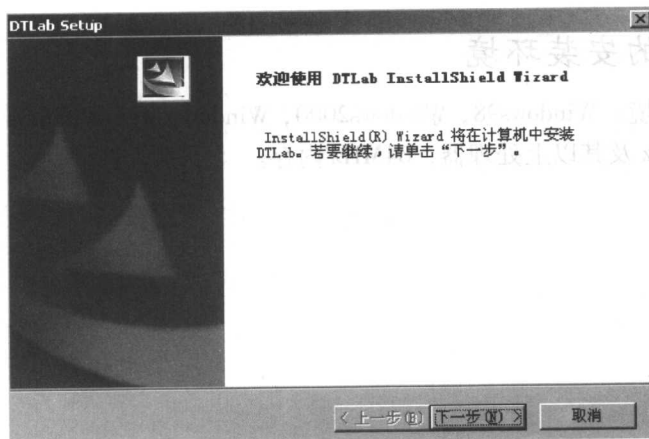


图 3-1

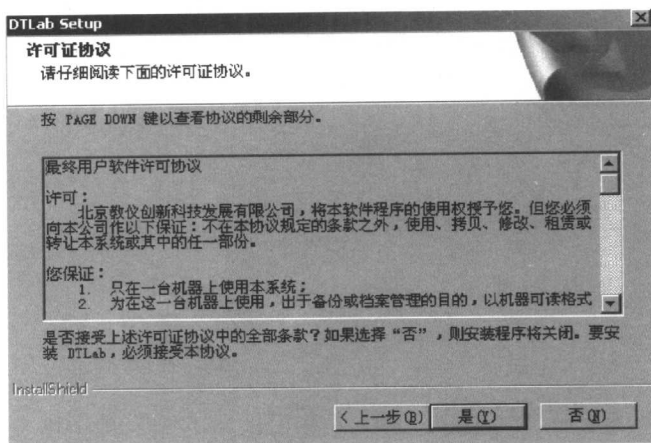


图 3-2